Münster 1937 No 98 Med DiSS

Aus der orthopäischen Abteilung der chirurgischen
Universitäts-Klinik Münster/Westf.
Professor: Dr. H. Walter.

Ueber schlecht heilende Unterschenkelfrakturen.

Inaugural-Dissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der
hohen Medizinischen Fakultät der Westfälischen
Wilhelms-Universität zu Münster in Westfalen.

Vorgelegt von
Hans Mennekes
aus Bottrop.

Buch- und Kunstdruckerei Wilh. Postberg, Bottrop i.W.
1937

Dekan: Prof. Dr. K. W. Jötten

Referent: Prof. Dr. H. Walter.

R. UNIV. BIBLIOTHEEK LEIDEN

Gedruckt mit Genehmigung der med. Fakultät
der Universität Münster in Westf.

Meinen lieben Eltern!

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41547223_0054

Ueber den prozentualen Anteil, den die schlecht heilenden Unterschenkelfrakturen im Verhältnis zu den in normaler Zeit heilenden stellen, bestehen in der Literatur keine einheitlichen Angaben. Daß er aber am Unterschenkel auffallend groß ist, wird von vielen Autoren bestätigt. Es werden bei subkutanen Unterschenkelfrakturen Zahlen bis fast 20 % genannt. Verständlicherweise wird dieser Häufigkeit wegen am Unterschenkel ein Versuch zur Klärung des Problems der verzögerten Frakturheilung besonders anregend und lohnend sein. Alle Forschungen, die von der Annahme einer gestörten Callusbildung als ätiologischem Faktor ausgingen und eine Disharmonie im hormonalen Gleichgewicht und Vitaminmangel verantwortlich machten, führten nicht zu einem zufriedenstellenden Ergebnis. Eine so gerichtete Therapie war sowohl im Experiment, mehr noch in der praktischen Anwendung am Patienten so wenig eindeutig, daß sie in der allgemeinen Frakturbehandlung kaum Eingang gefunden haben dürfte. Ebenso erfreut sich die lokale Reiztherapie durch Einspritzungen von Eigenblut oder Medikamenten bei den verschiedenen Autoren nicht übereinstimmender Meinung.

Alle Versuche, die Interposition von Weichteilen, gehäufte Röntgenaufnahmen, die in der heutigen Zeit zunehmende Verstärkung des Traumas bei Betriebs- und Verkehrsunfällen, generalisierte Knochenerkrankungen als Ursache der schlechten Frakturheilung anzuschuldigen, waren unbefriedigend. Die zu gegebener Zeit in richtiger Methode angewandte operative Knochenbehandlung hat zweifellos große Erfolge zu verzeichnen, ohne daß man weiter als an eine achsengerechte Richtigstellung und Fixierung der Fraktur dachte oder an Beseitigung der pseudarthrotischen Stelle.

Bisher stand also das Problem der Callusbildung im Mittelpunkt der Erörterung, die Betrachtung eines rein biologischen Vorganges. Zu wenig wurde berücksichtigt, daß die Hauptfunktion des Knochensystems im Mechanischen liegt und daß der mechanische

Reiz, ebenso wie er bei guter Frakturheilung eine bedeutende Rolle spielt, in mindestens gleichem Maße für eine Störung der Heilung verantwortlich gemacht werden muß. Damit kommt es zur Fragestellung ob nicht diese rein mechanische Komponente eine größere Rolle spielt, als bisher angenommen wurde. Schon mehrfach ist auf diese Seite hingewiesen worden, ohne daß die Deutung und Klärung der mechanischen Ursache in Angriff genommen wurde (Brandt, Ehrler).

Es muß versucht werden, die Ursachen und Momente ausfindig zu machen, die unter Veränderung der physiologisch-statischen Beanspruchung des heilen Knochens bei der Fraktur die normale Heilung oder die Heilung zu normaler Zeit verhindert.

Von der praktischen Verwirklichung solcher kausaler Ueberlegungen gibt Pauwels bei Behandlung von Schenkelhalspseudarthrosen einen schlagkräftigen Beweis. Etwas später wurde seine Behandlungsmethode von Walter zur Beseitigung der sogenannten angeborenen Coxa vara durchgeführt. Es handelt sich hier um im Prinzip gleiche Erkrankungen, wobei das Eine das Endstadium eines gestörten Heilverlaufs darstellt, das Andere durch mangelhafte Strukturfestigkeit des Knochensystems und mangelnde Reaktionsfähigkeit des unphysiologisch überanstrengten Knochengewebes bedingt ist. In beiden Fällen liegen die Aufhellungszonen in Richtung der Belastung. Sie verlaufen nicht parallel mit den Osteonenzügen, sondern senkrecht dazu. Die Architektonik des Knochens in ihrer ökonomischen Materialverwendung ist aber auf eine ganz bestimmte Beanspruchung abgestimmt. Diese liegt in Richtung des Zuges und Druckes, wie sie sich aus der Belastung und Spannung und der Wirksamkeit der Muskel ergibt.

Die Konsequenz aus dieser Betrachtung zieht Pauwels, indem er durch Osteotomie den Spalt senkrecht zur Belastungsrichtung stellt und so die durch die Abscherkraft unterhaltene Pseudarthrose auf Druckbeanspruchung umschaltet. Das Resultat ist eine mit der Zeit zunehmende Verschmälerung des Knochenspaltes bis zum schließlich kalkdichten Röntgenschatten.

Der Knochen hat auch im täglichen Leben immer biegender Beanspruchung zu begegnen und leistet auch diese Arbeit, so lange

die Reaktionskraft des Knochengewebes der Biegungsbeanspruchung die Waage halten kann. Schlägt das Gleichgewicht zugunsten der Biegung um, so wird hier das Wort von Baetzner wahr und die Funktion wird destruktiv. Daß bei einer übermäßigen Dosierung selbst der gesunde Knochen versagt und schließlich leistungsunfähig wird, sogar bis zur Spontanfraktur, zeigen die Versuche Walters an Radius und Ulna eines Rhesusaffen.

Bei in verschiedener Höhe des Radius angelegten operativen Defekten bildeten sich an der Ulna Spontanpseudarthrosen an bestimmter Stelle, und zwar da, wo die Biegung sich am meisten auswirkte. Durch die operative Kontinuitätsunterbrechung des einen Paarlings wird bei Betätigung die ganze Arbeitsleistung durch die Bänder und durch das Lig. interosseum auf den anderen Paarling übertragen, wobei es zu einer biegenden Beanspruchung des heilen Knochens kommt. An Stelle der maximalen Biegung erfolgt dann die Spontanfraktur. Der Weg dieser sogenannten Erschöpfungspathologie führt über die reaktive Periostwucherung zur Aufhellungszone und schließlich zur Fraktur. Das Ganze ist ein Vorgang, der in Parallele zu der sogenannten sympathischen Knochenerkrankung zu setzen oder sogar identisch damit ist.

Diese mechanischen Momente, diese Abscherung, die nach Walter auch bei Erkrankung gesunder Knochen wie der Lunatum-Malacie usw. wirksam werden, sind bei der Knochenheilung in viel höherem Maße zu berücksichtigen. Hier handelt es sich um junges empfindliches Gewebe, das in seinem regen Stoffwechsel und seinem lebhaften An- und Umbau unphysiologischen Noxen besonders leicht zum Opfer fällt.

Der normale Entwicklungsgang des Callus vom bindegewebigen Stadium über das knorpelige zum knöchernen Stadium bis zur funktionell vollwertigen Knochenregeneration wird durch irgendwelche mechanische Momente gestört. Die architektonisch vollkommene Ausrichtung der Osteonenzüge, deren Beanspruchung, wie bereits erwähnt, in Richtung des Druckes und Zuges liegen, muß bei den schlecht heilenden Frakturen durch wackelnde oder abscherende Bewegung verhindert werden. Der Callus im Bereiche des Frakturspaltes bleibt auf der bindegewebigen Stufe stehen, da durch un-

physiologische Beanspruchung eine Beweglichkeit verlangt wird. Die ausbleibende Heilung entspricht bei der momentanen Beanspruchung des Knochens einer praktischen Forderung. Die Biegung gibt den formativen Reiz und hat eine Pseudarthrosenbildung zur Folge.

Die die abnormen Bewegungen unterhaltenden Faktoren mögen bei den einzelnen Knochen verschiedene sein und mögen anders als am Unterschenkel bedingt sein. Die frakturierte Tibia jedenfalls, die durch die Größe der Knochenwunde günstige Bedingung für eine Callusbildung bietet, zeigt auffallenderweise am häufigsten verzögerte Heilung. An Hand von Unterschenkelfrakturen, deren Behandlung am weitestgehenden in Krankenblatt und Röntgenbild verfolgt werden konnte, soll versucht werden, die Frage der schlechten Heilung näher zu beleuchten und zu klären.

Es wurden 10 Fälle durchgesehen und beschrieben.

Fall 1. A. v. d. B. Der 29jährige schmächtige Mann ist von einem Motorrad angefahren worden und hat eine Fraktur beider Unterschenkelknochen rechts, die im mittleren Drittel liegt, davongetragen. Nach 3wöchiger Extensionsbehandlung Ruhigstellung im Gipsverband für 4 und eine halbe Woche. Es ist keine Konsolidierung eingetreten. Anderthalb Monate später kommt der Patient zur Behandlung und trägt einen Stützapparat.

Die Röntgenaufnahmen zeigen eine fl5½ Monate alte Fraktur beider Unterschenkel im mittleren Drittel. Die Bruchlinie der Tibia klafft im hinteren Zweidrittel des Schaftes und ist nur vorne durch mäßig reichlichen Callus überbrückt. Die Fibula ist unter leichter Knickung nach vorn und innen fest verheilt. Klinisch besteht noch eine abnorme Beweglichkeit an der alten Frakturstelle. Eine Aufsplitterung der Bruchenden nach Kirschner, die im Operations- und Heilverlauf komplikationslos bleibt, hat eine gute Callusbildung zur Folge. Eine Aufhellungslinie im Bereich des alten Spaltes bleibt zunächst noch bestehen, ist aber nach sechs Monaten schmaler und schattendichter geworden, bis auf das vordere Drittel. Patient wird im Gehapparat entlassen.

Fall 2. W. E. Der 24jährige Patient wurde vor einem Jahr und zehn Monaten von einem Motorrad angefahren. Ein linksseitiger

Radiusbruch ist fest verheilt. Die Fraktur des linken Unterschenkels ist immer noch nicht konsolidiert. Entlassung mit Stützapparat. Das Röntgenbild zeigt eine alte Fraktur beider Unterschenkel im mittleren Drittel. Die Fibula ist fest konsolidiert, die querfrakturierte Tibia ist pseudarthrotisch geworden. Callusbildung mittleren Grades. Nach einer Kirschner'schen Aufsplitterung bildet sich wenig Callus. Nach 2 Monaten durchzieht ein schmaler gewordener Spalt den Knochen an alter Stelle.

Fall 3. A. D. Der 40jährige Patient, der bei einem Autounfall eine Fraktur beider Unterschenkelknochen rechts davonträgt, wird nach 14tägiger stationärer Behandlung mit Gehgipsverband entlassen. Da nach weiteren 5 Wochen keine Anzeichen einer beginnenden Konsolidierung eingetreten sind, wird die Behandlung stationär fortgeführt. Der Patient kommt 7½ Wochen nach dem Trauma zur Behandlung. Das Röntgenbild ergibt eine alte Fraktur zwischen mittlerem und unterem Schaftdrittel. Das untere Fragment ist noch um die Hälfte der Schaftbreite ad latus dislociert. Die Frakturlinie der Tibia verläuft fast waagerecht. Spiralfraktur der Fibula handbreit unterhalb. Die Callusbildung ist mangelhaft. Da nach weiterer 3monatiger konservativer Behandlung mit Gipsverband die Callusbildung zwar reichlich vermehrt ist, die Frakturlinien aber noch deutlich erkennbar sind und der Bruch noch stark federt, wird eine Aufsplitterung der Tibia nach Kirschner mit Ausmeißelung des bindegewebigen Spaltes vorgenommen. Der Operations- und Heilverlauf ist komplikationslos. Die Fibulafraktur scheint sich zu festigen, da sie auch nach der Operation in derselben Stellung verharrt. Nach weiteren 3 Monaten gibt die Fraktur noch beim Belasten nach und eine geringe Achsenknickung wird mit Leichtigkeit korrigiert. Weiterbehandlung mit Schenkelgips während weiterer anderthalb Monate. Entlassung mit enganliegender Gipshülse. Das letzte Röntgenbild, 7½ Monate nach dem Trauma, zeigt zwar eine zunehmende Callusbildung, doch ist der Frakturspalt noch in ganzer Breite, ohne auch nur etwas schattendichter geworden zu sein, vorhanden. Im mittleren Schaftdrittel ist auf der Seitenansicht vorne eine callöse Knochenverbindung sichtbar. Die Ueberbrückung hat begonnen.

Fall 4. R. B. Bei einem Sturz von der Treppe zog sich die 31jährige Patientin eine Fraktur beider Unterschenkelknochen rechts zu. Nach 5wöchiger Extensionsbehandlung wird die Patientin in die hiesige Klinik überwiesen. Der rechte Unterschenkel ist im Ganzen etwas geschwollen und zeigt abnorme Beweglichkeit. An den Extensionswunden torpide Narbengeschwüre. Das Röntgenbild zeigt eine 6 Wochen alte Fraktur beider Unterschenkelknochen. Die Tibiafraktur liegt zwischen mittlerem und unterem Drittel und verläuft schräg von innen unten nach außen oben und ist glatt konturiert. Fibulafraktur handbreit höher mit Herausbruch eines etwa 9 cm langen Splitters. Nach einmonatiger Behandlung mit Gipsverband wird die Patientin für 4 Wochen mit Gehgips entlassen. Da danach immer noch keine Konsolidierung eingetreten ist, Entlassung mit Unterschenkelgips. Die Fibula zeigt sich auf dem Röntgenbild als fest. Am Schluß der Krankenhausbehandlung, 6 Monate nach dem Trauma, ist der Bruch klinisch fast fest. Die Tibia zeigt noch eine leicht angedeutete Frakturlinie.

Fall 5. C. O. Der 40jährige Patient, der gesund aussieht, erlitt bei einem Autounfall multiple Frakturen beider Unterschenkelknochen rechts und einen Stückbruch der linken Fibula, der späterhin in normaler Zeit heilt. Das Röntgenbild zeigt multiple Frakturen beider Unterschenkelknochen rechts (s. Abb. 1a). Die Fibula ist in 4 ungefähr gleich große Fragmente mit Absprengung mehrerer kleiner Splitter frakturiert. Die Tibia hat im mittleren Drittel einen ungefähr 8 cm langen Stückbruch; distal davon ein keilförmiges Fragment mit der Basis nach außen. Mehrere kleinere Knochensplitter liegen an den einzelnen Frakturstellen. Bei anfänglichen Repositionsversuchen unter K i r s c h n e r ' scher Drahtextension sind keine genügende Reposition und Fixierung zu erreichen. Es wird die operative Stellung beschlossen. Der Stückbruch der Tibia wird mit 2 Drahtschlingen an das proximale Tibiafragment fixiert. Zunächst wird weiter extendiert und nach 3 Wochen ein Gipsverband gelegt. 2½ Monate nach dem Trauma beginnt röntgenologisch nachweisbar genügende Callusbildung an den Frakturen der Fibula und an der fixierten Frakturstelle der Tibia, während um das distale keilförmige Stück der Callus kaum sichtbar ist. Nach weiterer 6wöchiger Fixie-

rung im Gehgips ist der rechte Unterschenkel klinisch noch nicht ganz fest. Röntgenologisch sind die Frakturen konsolidiert bis auf die dreisternförmige Bruchlinie an der Stelle des Keilbruches, der überhaupt wenig Neigung zur Callusbildung zeigt. Weitere Behandlung mit einem Gehgips. Endlich nach nahezu 6 Monaten erscheint die Fraktur klinisch fest. Das Röntgenbild zeigt an dem keilförmigen Stückbruch zunehmende Dichtigkeit der Frakturlinie. Der Frakturspalt ist zwar schmaler geworden, ist aber noch deutlich erkennbar (s. Abb. 1b).

Fall 6. B. B. Der 30jährige Patient zog sich vor einem halben Jahr bei einem Betriebsunfall eine Fraktur beider Unterschenkelknochen rechts zu. Unter 13wöchiger Behandlung mit Drahtextension und 3 Monate langer Fixierung mit Gipsverbänden in einer anderen Klinik ist keine Konsolidierung eingetreten. Bei der Aufnahme wird zunächst das versteifte Kniegelenk mobilisiert. Das Röntgenbild zeigt eine ein halbes Jahr alte Fraktur beider Unterschenkelknochen ungefähr in Schaftmitte. Die Fibula ist fingerbreit übereinander geschoben, fest verheilt. Aus der schräg frakturierten Tibia ist ein flaches Knochenstück von Schaftbreite herausgebrochen. Bei leicht kolbiger Auftreibung der Frakturenden ist ein breiter Frakturspalt deutlich sichtbar. Die Frakturenden werden nach Freilegung aufgesplittert, und der Unterschenkel wird im Gipsverband fixiert. Nach einem Monat wird der Patient für 4 Wochen mit Gehgips entlassen. Danach ist der Bruch immer noch federnd. Eine Aufhellungslinie durchzieht den Knochen an der Stelle der alten Fraktur. Die Callusbildung ist gut. Der innere Teil des Spaltes ist eben sichtbar überbrückt. Nach 3½monatiger Fixierung im Gipsverband ist keine deutliche Federung mehr nachzuweisen. Auch auf dem Röntgenbild wird der Frakturspalt schattendichter und die Ueberbrückung am medialen Teil des Spaltes nimmt zu.

Fall 7. G. H. Der Patient knickt beim Besteigen einer Treppe mit dem rechten Fuß um und verspürt einen heftigen Schmerz im Unterschenkel und kann nicht mehr gehen. Das Röntgenbild zeigt eine Fraktur des rechten Unterschenkels. Spiralbruch der Tibia

zwischen mittlerem und unterem Drittel bei nur geringer Seitenverschiebung. Die Fibula ist 3 Querfinger breit unterhalb frakturiert. Nach 3wöchiger Drahtextensionsbehandlung wird die Fraktur im Gipsverband ruhig gestellt. Am Ende des 3. Monats ist der Callus mengenmäßig ausreichend, doch erscheint er auf dem Röntgenbild noch nicht kalkdicht zu sein, besonders nicht im Bereiche des Frakturspaltes. Das Bein ist noch nicht voll belastungsfähig. Wegen Zahlungsschwierigkeiten ist eine stationäre Weiterbehandlung nicht möglich. Das Ergebnis der Röntgenkontrolle nach einem Jahr ist folgendes: Es hat sich solider Callus gebildet. Die vorderen 2 Drittel des Tibiafrakturspaltes sind noch nicht kalkdicht. Die Fibulafraktur ist konsolidiert. Der Patient ist im Gebrauch des Beines noch immer zögernd.

Fall 8. W. F. Der 24jährige Patient zieht sich bei einem Sturz eine Fraktur des linken Unterschenkels zu. Das untere Fragment ist, nasenartig vorspringend, unter der Haut zu fühlen. Röntgenologisch besteht ein Querbruch der Tibia in Schaftmitte. Die Fibula ist intakt. Die Fraktur ist zunächst festgekeilt.. Nach mehreren Repositionsmanövern wird die Verzahnung gelöst. Trotz Fixierung mit Gipsverbänden schiebt sich das untere Fragment wieder vor. Nach 5wöchiger Extension erneute Feststellung im Gipsverband. Auf dem Röntgenbild zeigt die Fraktur wenig Neigung zur Callusbildung. 4 Wochen später ist der Bruch noch stark federnd, worauf erneut Gipsverband angelegt wird. Röntgenologisch ist 4 Monate nach dem Trauma die Frakturheilung durchaus unbefriedigend. Die Bruchränder sind etwas verschwommen gezeichnet. Der Bruchspalt ist nur wenig kalkdicht geworden bei geringer Callusbildung. Trotz der intensiven Repositionsversuche ist die Stellung fast die gleiche wie zu Anfang.

Fall 9. H. M. Bei einem Motorradunfall zieht sich der 48jährige kräftige Patient eine Fraktur beider Unterschenkelknochen rechts zu. Das Röntgenbild zeigt eine Fraktur beider Unterschenkelknochen zwischen mittlerem und unterem Schaftdrittel (s. Abb. 2a). Dislokation des unteren Tibiafragmentes nach außen vorne. Ausbruch einzelner kleiner Knochensplitter. 14 Tage lang wird mit Draht extendiert. Danach Ruhigstellung im Gipsverband. Nach ungefähr 3 Monaten

ist die Fraktur noch nicht belastungsfähig, es bestehen noch Schmerzen an der Bruchstelle. Röntgenologisch hat mäßige Callusbildung eingesetzt. Eine Aufhellungszone im Bereiche des alten Frakturspaltes bleibt unter mäßigem Fortschreiten des Callus weiterhin bestehen. Die Fibula wird fest. Die neu gebildeten Knochenwucherungen geben kalkdichten Schatten. Bei vorsichtiger Belastung rutscht das obere Tibiafragment nach vorn, ein Beweis für die mangelhafte Festigkeit. Der letzte Röntgenbefund, 7½ Monate nach dem Unfall, zeigt einen, wenn auch schmaleren Frakturspalt. Im Uebrigen nimmt die Callusbildung zu (s. Abb. 2b).

Fall 10. F. E. 2½ Monate vor der Aufnahme ist der 24jährige Patient mit dem Motorrad verunglückt und hat sich dabei eine Fraktur des linken Unterschenkels zugezogen. Bei konservativer Behandlung mit Gipsverbänden ist keine Konsolidierung eingetreten. An der Stelle der alten Fraktur besteht noch stark abnorme Beweglichkeit. Röntgenologisch handelt es sich um eine 2½ Monate alte Fraktur mit Verschiebung des unteren Tibiafragmentes um ¾ Schaftbreite nach außen. Mittelmäßig gute Callusbildung. Die Fibulafragmente sind übereinandergeschoben. Die Tibiafrakturspalte ist ungefähr 1 cm breit und wenig kalkdicht. Es wird Operation beschlossen. Dabei werden zunächst die Fibulafragmente von dem bindegewebigen Callus befreit und wenig gekürzt. Nach Zurechtstutzen der Tibiafragmente wird das untere Fragment in die Markhöhle des oberen eingebolzt und mit Draht fixiert. Die Wunde sezerniert anfangs blutig-seröses Exsudat. Nach Besserung der Sekretion wird der Draht entfernt. Unter dauernder Fixierung in Gipsverbänden schreitet die Konsolidierung fort. Nach 4 Monaten ist die Fraktur klinisch fest.

Im Vorhergehenden wurden Fälle beschrieben, die in ihrem Heilverlauf mehr oder weniger verzögert waren. Die Konsolidierung tritt also in jedem Falle ein nach verschieden langer Zeit mit reichlicher oder mäßiger Callusbildung. Einmal reicht eine genügend lange Fixierung aus, ein anderes Mal wird durch Operation korrigierend eingegriffen. Es wurde darauf verzichtet, das Material der Pseudarthrosen, die das Endstadium verzögerter Heilung darstellen,

ausführlich anzuführen. Trotzdem können auch sie letzten Endes die Klärung ihrer mechanischen Entstehung stützen. Weiterhin blieben die Fälle, die auf eine Osteomyelitis an der Knochenwunde hindeuteten, wie auch die komplizierten Brüche unerwähnt.

Eine immer wiederkehrende Feststellung ist, daß der Callus im Allgemeinen ausreichend ist und daß er röntgenologisch zunehmend größer und vor allen Dingen schattendichter wird. Die Callusbildung im Bereiche des Frakturspaltes aber schreitet nicht in gleichem Maße vorwärts, so daß dieser noch lange wie eine Aufhellungszone den Knochen an der Frakturstelle durchzieht. Die mangelnde Callusbildung bleibt so nur auf den Spalt beschränkt. Es kann sich demnach nicht um eine Systemerkrankung handeln. Bei Fall 2, 5 heilen Frakturen anderer Knochen, die mit gleichem Trauma entstanden sind, zu normaler Zeit. Und gerade die Zusammenstellung und Bearbeitung weiterer ebensolcher Fälle wurde einen aufschlußreichen Beitrag zu der hier behandelten Frage geben und schon allein durch die Bestätigung die minderwertige Callusbildung als ätiologischen Faktor ausschließen. Das besonders Auffällige bei Fall 5 liegt darin, daß die Regenerationsfähigkeit des Knochengewebes enorm ist, wie die ausgezeichnete Neubildung an den multiplen Frakturen der gleichen Extremität zeigt. An den multiplen Frakturen der Fibula und der durch Draht fixierten Tibiafraktur setzt die röntgenologisch zarte Knochenneubildung zuerst ein und ist auch durch ihre mengenmäßig größere Ausbildung auffällig. Schließlich heilt auch die Fraktur an dem distalen Drittel der Tibia, wo die Pseudarthrosen fast ausschließlich lokalisiert sind. Auch die Kirschner'sche Aufsplitterung, die durch die vielfache Vergrößerung der Knochenwundfläche einen optimalen reaktiven Reiz abgibt, führt nur verzögert zur klinischen, noch später zu einer einwandfrei röntgenologischen Heilung. Die Knochenwucherung ist auffallend, wie es auch an unseren Fällen beobachtet werden konnte. Doch besteht der Knochenspalt zunächst weiter. Allmählich wird er schmaler und kalkdichter und an einer Stelle beginnt die Ueberbrückung durch Callus. Unter dem Druck des übermäßigen Reizes kommt es jedoch meist zur klinischen Heilung, erst viel später zur einwandfrei röntgenologischen.

Daß 9mal in unseren 10 Fällen eine frühzeitige Heilung der ebenfalls frakturierten Fibula eintrat, wurde als auffallendes Moment beobachtet. Warum, so wirft sich die Frage auf, heilen die Frakturen der Fibula zu normaler Zeit? Wollte man die Interposition von Weichteilen oder Heilungsschwierigkeiten vom Knochengewebe ausgehend, annehmen, so würde das die auffallende Differenz der Heilungsfähigkeit der Tibia und Fibula nicht erklären. Die Gefahr der Interposition von Weichteilen müßte bei der Fibula die gleiche sein. Dieser Unterschied kann kein nebensächlich zufälliger sein, sondern ist die Folge einer gesetzmäßigen Reaktion. Von dieser ins Gesicht springenden Tatsache ausgehend, wurde auch das übrige Material der Pseudarthrosen, das fast ausnahmslos aus Gutachten-Fällen bestand, gesichtet. Bei diesen 22 Unterschenkelpseudarthrosen wurde in 15 Fällen eine sichere Konsolidierung der Fibula festgestellt. In weiteren 4 Fällen blieb bei dem Trauma die Fibula intakt und nur in 3 Fällen wurden Tibia und Fibula pseudarthrotisch. Diese Feststellung ist sicher nicht erstmalig und der Begriff der Fibula als „Sperrknochen" trägt die Ansicht mechanischer Momente in die Diskussion. Nicht nur theoretisch wurde diese Annahme behandelt, sondern sie wurde auch praktisch angewandt, indem man die sperrende Fibula resezierte. Daß dadurch eine „Distraktion" beseitigt wurde und die Knochen wieder „zu einander passend" gemacht wurden, ist nicht das Maßgebende. Ein durch das Sperrmoment der Fibula bewirkter Defekt der Tibia von einer Breite, wie sie in unseren Fällen vorhanden ist, kann durch eine genügende Callusbildung überbrückt werden. Erfahrungen haben gezeigt, daß nach einer künstlich gesetzten Fraktur eine Distraktion von 3—6 cm, die zur Verlängerung von im Wachstum zurückgebliebenen Knochen durchgeführt wurde, der künstliche Frakturspalt trotz dieser starken Distraktion ausheilte.

Die Beziehungen der Tibia und Fibula beim Heilprozeß und eine gegenseitige mechanische Beeinflussung sind schon häufiger erwähnt worden. Ueber das Wie ist noch nicht eingehend diskutiert worden. Eine praktische Folgerung zu einer sinngemäßen Beseitigung dieser Schäden durch Operation oder vielleicht durch geeignete konservative Maßnahmen ist nur möglich, wenn man die mitspielenden Kräfte kommt. Dann kann man kausale Therapie treiben.

Die Störung durch die geheilte oder intakte Fibula läßt sich vielleicht theoretisch erwägen, am lebenden Menschen ist sie jedenfalls nicht zu verfolgen, da es sich um Bewegungsmomente handeln muß. Um die gegenseitige Beeinflussung sichtbar zu machen, wurde zu einem Versuch gegriffen, der durch Schaffung ähnlicher Verhältnisse die wirksamen Kräfte veranschaulicht. Zu diesem Zwecke wurden bei 2 Knochenbänderpräparaten von Unterschenkeln die Tibia zwischen mittlerem und unterem Drittel durchsägt, da sich erfahrungsgemäß hier die meisten Pseudarthrosen ausbilden. Einmal verläuft der Knochenspalt von außen unten nach innen oben, das andere Mal von außen oben nach innen unten. Nach Feststellung des knöchernen Fußes in Gips wurden die Kniegelenksflächen der Tibia belastet.

Nach der Kontinuitätsunterbrechung der Tibia können sich nun die beiden Fragmente nicht frei in der Längsrichtung verschieben, da sie durch ihre Bänderverbindungen mit der Fibula gehemmt sind. Es wurde nun mit niedrigen Gewichten belastet, da ja die Hinderung der Fragmentbewegungen durch die Weichteile fortfällt. Dabei bewegen sich die Fragmente so, daß sie sich mit ihren Enden der Fibula nähern, verschieden stark selbstverständlich nach der Schwere des Gewichtes, soweit es das lig. interosseum zuläßt. Der Tibiaschaft ist an der Stelle der Fraktur winklich abgeknickt. Der Ausschlag des unteren Fragmentes ist dabei geringer. Nach Entlastung schnellen die Fragmente wieder in die ursprüngliche Lage zurück. Bei dieser durch die Belastung bewirkten Abweichung, die besser durch ein Verstärken oder Nachlassen des Druckes mit der Hand veranschaulicht werden kann, bewegen sich die Bruchflächen aneinander vorbei. Berühren können sie sich nicht, da das proximale Fragment einen größeren Ausschlag gibt.

Die Betrachtung des Modellversuches zeigt, daß es sich um Hebelarmwirkungen handelt. Schematisiert man die Bewegungsvorgänge, so stellen die proximale und die distale Gelenkfläche der Tibia einerseits und die beiden Fragmente des Schaftes andererseits Hebelarme dar. Die Kniegelenksfläche bildet mit dem prox. Tibiaende das eine Hebelarmpaar, die Fußgelenksfläche der Tibia mit dem distalen Tibiafragment das andere. Die beiden Drehpunkte werden dargestellt

durch die beiden Bänderverbindungen der Tibia mit der Fibula. Bei Belastung der Kniegelenksfläche der Tibia tritt die Wirkung der Hebelarme in Funktion. Die auf die Gelenkfläche wirkende Kraft setzt sich in Bewegung der beiden anderen Hebelarme um. Man kann annehmen, daß die durch die Beschwerung mit Gewichten auf die beiden Gelenkflächen wirkende Kraft gleich ist, dadurch, daß sie durch die abstützende Funktion der Fibula auch auf die distale Gelenkfläche übertragen wird. Der obere Hebelarm ist da der Frakturspalt zwischen mittlerem und unterem Drittel liegt, länger. Das Bewegungsmoment des proximalen Fragmentes ist entsprechend der Wirkung des längeren Hebelarmes großer als das des distalen. Außerdem ist die Bewegung distal infolge der festeren Fixierung durch Bänderverbindungen zahlreicher Art mit dem knöchernen Fuße mehr gehemmt. Das Resultat ist, daß sich die proximale Frakturfläche mehr bewegt als die distale, so daß abgesehen von einer Distanz der beiden Flächen eine abscherende Bewegung zustande kommt. Bei einer gleichmäßigen Bewegung der Fragmentenden, wie man sie bei einem höher gelegenen Knochenspalt annehmen kann, dürften die Kräfte auf einen sich dort bildenden Callus mehr liegend sein. Bei jeder Phase der Bewegung oder anders, bei verschiedener starker Belastung, stehen sich andere Punkte der Gelenkfläche, wie wir sie einmal annehmen wollen, gegenüber. Nie kommen kongruente Punkte zur Deckung.

Um eine regelrechte Parallelverschiebung wie bei der typischen Halspseudarthrose handelt es sich hierbei nicht, da jedes Fragmentende infolge der Drehung um den Angelpunkt den Teil eines Kreisbogens beschreibt. Trotzdem ist eine Abscherung mit einer Verschiebung in der Längerichtung vorhanden.

Bei der Anordnung des 2. Versuches sind die Verhältnisse durch den andersartigen Verlauf des Frakturspaltes abgeändert. Bei Belastung der Tibiagelenkfläche wird die Spitze des proximalen Fragmentes mit dem großeren Bewegungsausschlag durch das distale Fragment gehemmt. Durch die winklige Abknickung an der Bruchstelle, wobei sich die Kraft des oberen Endes auf das untere überträgt, kommt es ebenfalls zu einer abscherenden Bewegung, wenn sie auch nicht so groß wie beim 1. Versuch ist.

Ein Anderes zeigt diese Versuchsanordnung. Belastet man mehr den vorderen Anteil der Kniegelenksfläche, so gleitet das obere Fragment an der Hinterfläche des unteren vorbei, bei Belastung des hinteren Anteils der Kniegelenksfläche gleitet das Fragment nach vorn. Ist nun diese extreme Ausweichbewegung in vivo infolge der Einbettung in Weichteile nicht möglich, so bleibt doch bei Belastung des vorderen bzw. des hinteren Gelenkanteils eine Innen- oder Außenrotation bestehen. Diese Bewegung ist auch scherend, zwar nicht linear sondern rotierend. Kongruente Punkte gleiten in rotierender Richtung aneinander vorbei. Bei Versuch 1 konnten die gleichen Bewegungsvorgänge beobachtet werden, wenn sie auch zunächst nicht ins Auge fielen.

Zwar wird beim Lebenden die Tibiagelenkfläche immer an derselben Stelle durch die distale Gelenkfläche des Femur belastet. Eine Schematisierung des Baues des Kniegelenkes schafft Klarheit. Im Seitenprofil gesehen, stellt die Kniegelenksfläche der Tibia einen zweiarmigen Hebel dar, dessen Unterstützungspunkt in der kugeligen Gelenkfläche des Femurknorrens liegt. Bewegt wird dieses System durch Muskelgruppen, die zwar nicht direkt an den beiden Balken der Waage angreifen, sondern mehr oder weniger oberhalb des Unterstützungspunktes. Der Effekt der Muskelspannung ist umso größer je weiter der Ansatzpunkt von der Gelenkfläche entfernt liegt. Bei einer Kontration der Strecker gibt das bewegliche Tibiafragment einen Ausschlag nach vorn, bei Kontraktion der Beuger nach hinten, d. h. die erste Bewegung entspricht der Belastung des vorderen Gelenkanteils, letztere der Belastung des hinteren Anteils der Kniegelenksfläche. Wirksam wird jeder Muskel, der an der Bewegung des Kniegelenks beteiligt ist, ebenso die Muskeln, die mit einer Insertion an dem Fragment angreifen. Ebenso schafft jede Aenderung der Gelenkstellung neue statische Verhältnisse und bedingt eine Aenderung der Belastung des Gelenkes. So würde theoretisch bei Belastung mit gebeugtem Knie das Fragment einen Ausschlag nach hinten geben.

Eine Beobachtung, die nicht unbedingt auf den Lebenden übertragen werden kann, soll nicht unerwähnt bleiben. Die Ansatz-

stelle des Lig. interosseum erwies sich als so fest, daß sie bei ihrer Unversehrtheit die Bewegung der Fragmente stark hemmte. Möglich wäre immerhin, daß durch diese Fixierung die Bruchheilung günstig beeinflußt würde.

Nachdem im Versuch die Art und die Vielfältigkeit des Bewegungsmechanismus der Tibiafragmente hat veranschaulicht werden können, bleibt die Frage offen, ob bei einer gut fixierten Fraktur die beschriebenen Bewegungen möglich sind und wie sie zustande kommen. Auch ein gut sitzender Gipsverband kann nur die gröbsten Bewegungen der Fragmente ausschalten, da zwischen Verband und dem zu fixierenden Knochen eine Weichteilmasse liegt, die den Fragmentbewegungen noch genügend Spielraum bietet. Es soll hier nicht entschieden werden, ob mehr die vorzeitige Belastung oder die Muskeltätigkeit, die beide in gleicher Richtung wirken, für die Erzeugung der störenden Bewegungen verantwortlich gemacht werden muß. Die Muskulatur wird, abgesehen von dem ersten Chock, durch das Trauma nicht in der Funktion gestört. Der Muskeltonus wird wieder normal. Wenn man eine Eigenbewegung der eingegipsten Muskeln nicht annehmen will, so bleibt doch die Tatsache, daß bei jeder Körperbewegung, beim Umbetten, beim Aufrichten, am meisten bei Belastung im Gehgips ein Uebermaß von unbewußten, eingelaufenen Mitbewegungen nicht unterdrückt werden kann. Nach den oben beschriebenen Hebelwirkungen wird klar, daß keine starke Kontraktion der Muskeln notwendig ist, um die störenden Bewegungsvorgänge auszulösen. Man könnte nach unseren Feststellungen umgekehrt aus der Tatsache der häufig beobachteten Heilungsverzögerung oder Pseudarthrosenbildung auf eine unbehinderte Funktion der Muskulatur auch bei der fixierten Fraktur schließen. Der Versuch hat gezeigt, daß die Fragmente nach jeder Richtung äußerst beweglich sind und schon bei geringer Kräftewirkung ihre Lage ändern. Wenn 80, 90 und noch mehr Prozent der Unterschenkelfrakturen ausheilen, so wirft das die Richtigkeit des Prinzips nicht um. Auch unsere Fälle heilen schließlich alle aus. Es muß noch einmal hervorgehoben werden, daß die scherenden Bewegungen einen gewissen Grad erreicht haben müssen, um auf die Bildung des verbindenden Callus einen störenden Einfluß ausüben zu können. Jede Verhakung

oder Sperrung durch Knochensplitter kann die Bewegungsfreiheit der Fragmente einschränken und eine frühzeitige Heilung begünstigen.

Die Schlußfolgerung aus unseren Betrachtungen ist, daß eine Unterschenkelfraktur nur bei ausreichender Fixierung ausheilen kann und daß eine Feststellung im Gips häufig nicht ausreicht. Ueber die Art der Behandlung wird sich nur auf Grund großer Erfahrung etwas Endgültiges sagen lassen. Es wird auch die Ansicht des Behandelnden eine Rolle spielen. In jedem Falle wird die Therapie eine operative sein, da anders wohl kaum eine unbedingte Fixierung möglich sein wird. Ob Verbolzung, ob Drathnaht angewandt werden, oder ob man gleichzeitig die Fibula kürzt, müssen weitere Beobachtungen ergeben. Wichtiger ist, den geeigneten Termin zu bestimmen, um durch einen rechtzeitigen Eingriff die Heilungsdauer zu verkürzen. Es wäre zu wenig, wollte man sich damit begnügen, erst nach langem Zuwarten die verzögert heilenden Frakturen oder schließlich sogar die Pseudarthrosen der Heilung durch einen Eingriff zuführen. Um Wievieles könnte man durch eine rechtzeitige operative Fixierung manchen Patienten eher der Arbeit zuführen, und könnte ihm eine übermäßig lange Behandlungszeit abkürzen, die ihm für sein berufliches und privates Leben viele Einschränkungen auferlegt.

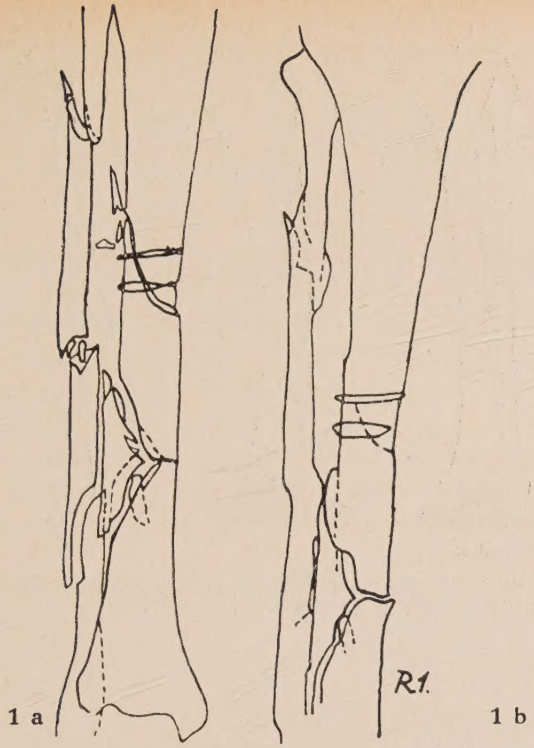


Abb. 1: Fall V. 1a zeigt die frische Fraktur mit Drahtschlingen, 1b die Fraktur 4½ Monate nach dem Trauma mit noch deutlich erkennbarem Frakturspalt in der Gegend des Keilbruchs.

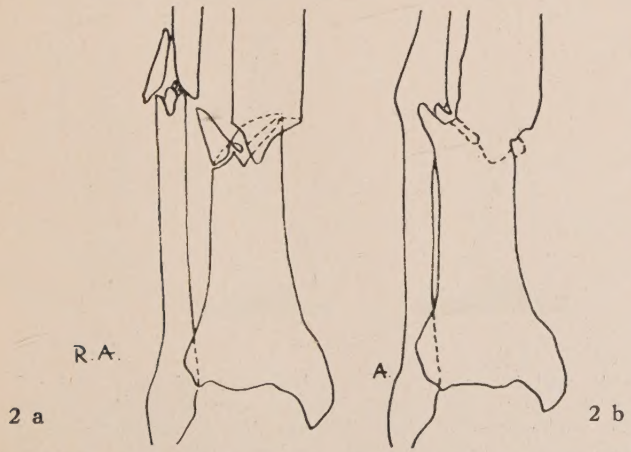
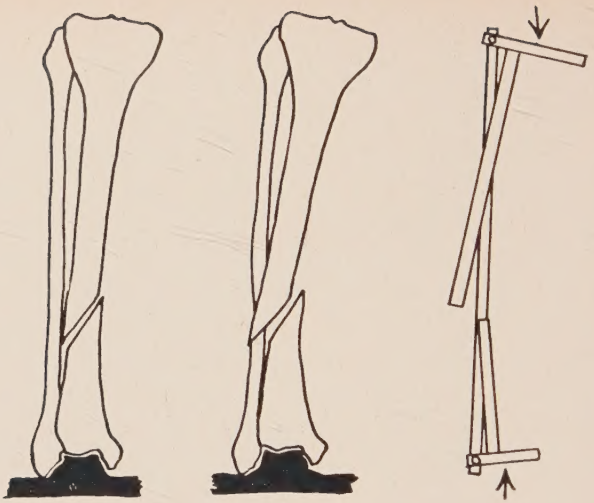
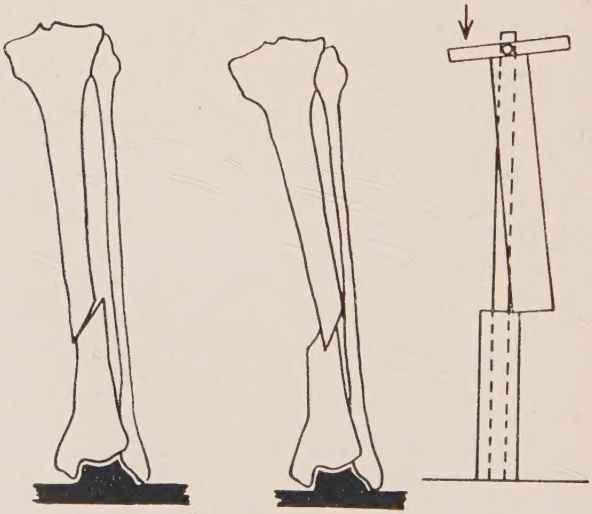


Abb. 2: Fall IX. 2a zeigt die frische Fraktur, 2b die beginnende Überbrückung am inneren Drittel der Tibiafrakturfläche 7½ Monate nach dem Trauma.



3 a 3 b 3 c

Die Abb. 3a und 3b veranschaulicht die Belastungsvorgänge des 1. Versuches, 3c zeigt die Schematisierung der Hebelarmwirkung.



4 a 4 b 4 c

Die Abb. 4a und 4b zeigen das Ergebnis der Belastung beim 2. Versuch, wobei bei 4c mehr der hintere Anteil der Kniegelenksfläche belastet wurde. 4c veranschaulicht als Schema die Abweichung des proximalen Tibiaframentes bei Belastung des vorderen oder hinteren Gelenkanteils, gesehen von der Innenseite des Unterschenkels.

Literatur.

Bier: Zentralorg. f. d. ges. Chir. Bd. 26, S. 33.

Baetzner: Arch. f. klin. Chir. 1929 Bd 157, S. 822.

Blenke: Arch. f. Orthop. 1927 Bd. 25, S. 321.

Brandt: Arch. f. klin. Chir. 1932 Bd. 173, S. 847.

Ehalt: Ztrbl. f. Chir. 1932 Bd. 2920.

Erler: Ztschr. f. orthop. Chir. 1932 Bd. 56, S. 31.

Henschen: Arch. f. klin. Chir. 1929 Bd. 157, S. 193.

— Arch. f. klin. Chir. 1932 Bd. 173, S. 219.

König: Arch. f. klin. Chir. 1930 Bd. 162, S. 720.

Latten: Arch. f. klin. Chir. 1931 Bd. 163, S. 426.

Looser: Ztrbl. f. Chir. 1920, S. 1470.

Martin: Arch. f. klin. Chir. 1924 Bd. 129, S. 45.

Michaelis: Bruns' Beitr. z. klin. Chir. 1931 Bd. 159, S. 153.

Pauwels: Ztschr. f. orthop. Chir. 1929 Bd. 51, S. 125.

Rehn: Arch. f. klin. Chir. 1924 Bd. 133, S. 410

Seeliger: Arch. f. klin. Chir. 1923 Bd. 122, S. 588.

Walter: Arch. f. Orthop. 1925 Bd. 23, S. 672.

— Arch. f. klin. Chir. 1933 Bd. 178, S. 116.

— Ztrbl. f. Chir. 1933, 2395.

— Ztrbl. f. Chir. -931, 2407.

— Ztrbl. f. Chir. 1933, 2271.

— Verhandl. d. deutschen orthop. Ges. 1933 Bd. 59, S. 61.

Zondeck: Wochenschr. 1931 Bd. 2.

Lebenslauf.

Ich, Hans Mennekes, wurde am 16. Juli 1911 in Bottrop als Sohn des Konditormeisters Leonard Mennekes und seiner Ehefrau Maria, geb. Grüter, geboren. Nach 9jährigem Besuch des humanistischen Gymnasiums zu Bottrop bestand ich am 6. März 1930 an der gleichen Anstalt mein Abitur. An den Universitäten in Freiburg und Königsberg studierte ich Medizin und legte am Schluß des Sommer-Semesters 1932 in Kiel meine ärztliche Vorprüfung ab. Nach weiterem Studienaufenthalt in Freiburg, Wien und Münster beschloß ich mein Studium mit dem am 19. Dezember 1935 in Münster bestandenen Staatsexamen.